



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 196 309⁽¹³⁾ C2
(51) МПК⁷ G 01 L 3/00, 3/04

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2000110472/28, 24.04.2000

(24) Дата начала действия патента: 24.04.2000

(43) Дата публикации заявки: 10.03.2002

(46) Дата публикации: 10.01.2003

(56) Ссылки: ОДИНЕЦ С.С., ТОПИЛИН Г.Е. Средства измерения крутящего момента. - М.: Машиностроение, 1977, с.48-59. SU 1583765 A1, 07.08.1990. SU 1509640 A1, 23.09.1989.

(98) Адрес для переписки:
603138, г.Нижний Новгород, ул.Политбойцов,
д.8, кв.56, С.Н.Охулку

(71) Заявитель:

Общество с ограниченной ответственностью
Научно-производственная фирма "Ритм-НН"

(72) Изобретатель: Охулков Е.Н.,
Охулков С.Н.

(73) Патентообладатель:

Общество с ограниченной ответственностью
Научно-производственная фирма "Ритм-НН"

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА

(57)

Изобретение относится к силоизмерительной технике и может быть использовано для измерения крутящего момента, передаваемого вращающимися валами различных объектов. С помощью разнесенных на длину измерительного участка вала датчиков частоты его вращения синхронно снимают два имеющих друг относительно друга фазовый сдвиг сигнала, которые преобразуют в два частотно-модулированных сигнала до выделения их разностной частоты биений и определяют крутящий момент по формуле: $M_{кр} = K_{\Delta\varphi} \cdot K_{\psi} \cdot F_6$, где F_6 - частота биений, Гц; $K_{\Delta\varphi}$ - частотный коэффициент закручивания

вала,

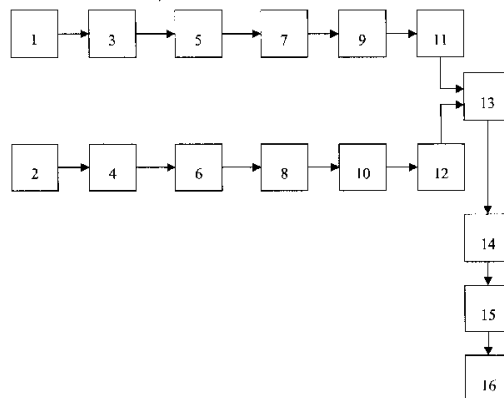
$$K_{\Delta\varphi} = \frac{6,48 \cdot 10^5}{F_d},$$

частоты, Гц; K_{ψ} - опорный коэффициент данного типа вала,

$$K_{\psi} = 4,84 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{G \cdot J_p}{L},$$

где G - модуль

сдвига материала вала, н/м², J_p - полярный момент инерции сечения вала, м⁴, L - длина измерительного участка вала, м. Технический результат: расширение технологических возможностей, повышение точности. 2 ил.



Фиг. 1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 196 309** ⁽¹³⁾ **C2**
 (51) Int. Cl.⁷ **G 01 L 3/00, 3/04**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2000110472/28, 24.04.2000
 (24) Effective date for property rights: 24.04.2000
 (43) Application published: 10.03.2002
 (46) Date of publication: 10.01.2003
 (98) Mail address:
 603138, g.Nizhnij Novgorod, ul.Politbojtsov,
 d.8, kv.56, S.N.Okhulkovu

(71) Applicant:
 Obshchestvo s ogranichennoj
 otvetstvennost'ju Nauchno-proizvodstvennaja
 firma "Ritm-NN"
 (72) Inventor: Okhulkov E.N.,
 Okhulkov S.N.
 (73) Proprietor:
 Obshchestvo s ogranichennoj
 otvetstvennost'ju Nauchno-proizvodstvennaja
 firma "Ritm-NN"

(54) **METHOD DETERMINING TORQUE**

(57) Abstract:

FIELD: force measuring equipment.
 SUBSTANCE: method can be used to measure torque transmitted by rotating shafts of various objects. Two signals phase- shifted one relative another are picked off in step with the aid of frequency pickups spaced apart over length of measurement section of shaft. These signals are converted into two frequency-modulated signals before extraction of their difference beat frequency and torque is found by formula $M_{tor} = K_{\Delta\varphi} \cdot K_{sh} \cdot F_b$, where F_b is beat frequency, Hz; $K_{\Delta\varphi}$ is frequency coefficient of shaft twisting found by

formula

$$K_{\Delta\varphi} = \frac{6,48 \cdot 10^5}{F_d},$$

where F_d is frequency deviation, Hz; K_{sh} is reference coefficient of given type of shaft defined as

$$K_{sh} = 4,84 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{G \cdot J_p}{L},$$

where G is shear modulus of material of shaft, N/m²; J_p is polar moment of inertia of section of shaft, m⁴; L is length of measurement section of shaft, m. EFFECT: widened technological capabilities, increased accuracy of method. 2 dwg

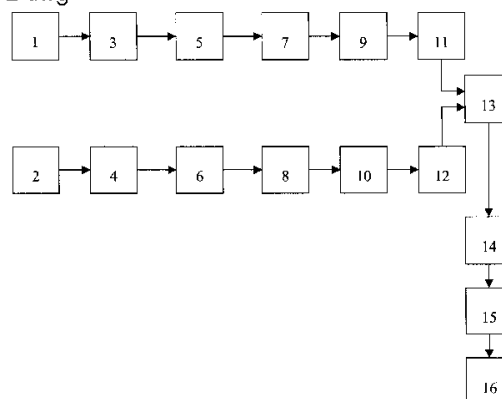


Fig. 1

Изобретение относится к силоизмерительной технике и может быть использовано для измерения крутящего момента, передаваемого вращающимися валами различных объектов.

Известен широкий спектр методов измерения крутящего момента, основанного на индуктивном, тензометрическом, магнитоупругом, фазометрическом, фотометрическом и ином комбинированном преобразовании крутящего момента в электрический сигнал (см., например, обзор Парфенова М.М. и Пчелинцевой В.Н. Современное состояние и перспективы развития преобразователей крутящего момента. М., ЦНИИТЭИ приборостроения, 1980).

Общим недостатком указанных способов измерения крутящего момента является их низкая универсальность, обусловленная разнообразием конструкций и режимов работы объектов техники.

Известен, в частности, фазометрический метод измерения крутящего момента, заключающийся в фотоэлектрическом формировании двух сигналов, сдвинутых по фазе на величину угла закручивания, и определении крутящего момента по величине разности фаз напряжений двух фототранзисторов, получающих световые импульсы от светодиодов через прорези растровых дисков (см. авт. св. СССР 1509640, G 01 L 3/04, 3/12, 1989).

В дополнение к общему недостатку приведенных в качестве аналогов методов измерения крутящего момента: низкой универсальности, данный метод обладает зауженным диапазоном измерения крутящего момента (большой величиной малых крутящих моментов).

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому способу является способ определения крутящего момента путем регистрации с помощью разнесенных датчиков двух периодических параметров, связанных с силовым режимом вращения вала и представляющих собой один из параметров рабочего цикла двигателя, например давление топлива у форсунки какого-либо цилиндра, и вибрацию на опоре вала двигателя, формирования на их основе сигналов, имеющих друг относительно друга фазовый сдвиг, в частности двух импульсных сигналов, и после их измерительной обработки, а именно получения с помощью измерителя временных интервалов величины фазового сдвига, вычисления величины крутящего момента (см. а.с. СССР 1583765, G 01 L 3/10, 1990).

Недостатками этого способа являются сниженные надежность и точность измерения, связанные с ухудшением помехоустойчивости.

Технический результат заявляемого способа - расширение области применения за счет повышения универсальности метода измерения и упрощения его эксплуатационных свойств, а также повышение надежности и точности измерения.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе определения крутящего момента путем регистрации с помощью разнесенных датчиков двух периодических параметров, связанных с

силовым режимом вращения вала, формирования на их основе сигналов, имеющих друг относительно друга фазовый сдвиг, и после их измерительной обработки вычисления величины крутящего момента, в качестве обоих периодических параметров используют частоту вращения вала, которую синхронно регистрируют с разнесением датчиков частоты на длину измерительного участка вала и преобразуют в два частотно-модулированных сигнала до выделения их разностной частоты биений, а крутящий момент определяют по формуле:

$$M_{кр} = K_{\Delta\Phi} \cdot K_B \cdot F_6,$$

где F_6 - частота биений, Гц;

$K_{\Delta\Phi}$ - частотный коэффициент закручивания вала,

$$K_{\Delta\Phi} = \frac{6,48 \cdot 10^5}{F_d},$$

где F_d - девиация частоты, Гц,

K_B - опорный коэффициент данного типа вала,

$$K_B = 4,84 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{G \cdot J_p}{L},$$

где G - модуль сдвига материала вала, н/м²,

J_p - полярный момент инерции сечения вала, м⁴,

L - длина измерительного участка вала, м.

Предлагаемый способ основан на вытекающем из возможностей частотно-модуляционного метода измерения выведении пропорциональности между угловыми характеристиками деформации кручения и разностной частотой биений

$$\frac{\Delta\Phi}{\Phi} = \frac{F_6}{2F_d},$$

где $\Delta\Phi$ - угол закручивания вала,

$\Phi = 2\pi$ - полный угол поворота вала.

Указанная зависимость получена в результате введения дискретизации по координате и времени для прямых упругих стержней и валов при рассмотрении их продольных и крутильных колебаний (см. книгу Маквецкого Е.Н. и Тарковского А. М. Механические воздействия и защита радиоэлектронной аппаратуры. М., "Радио и связь", 1993, с.64; 72-74, выражения 4.25-4.28; с.78-80) и последующей, применительно к условиям деформации кручения (сдвига), ее адаптации и ее взаимосвязи через временную составляющую с известным в радиолокации в частотном методе измерения дальности соотношением между частотой биений и временем задержки:

$$F_6 = 2F_d \cdot F_m \cdot t_3,$$

где F_m - частота модуляции, равная частоте вращения вала,

t_3 - время задержки, временной сдвиг двух периодических параметров друг относительно друга,

(см. книгу Финкельштейна М.И. Основы радиолокации, М., "Радио и связь", 1983, с.113, формула 2.8.2).

Из этого соотношения вытекает зависимость между угловыми характеристиками деформации кручения и разностной частотой биений.

Действительно, при разностной частоте биений

$$F_6 = 2F_d \cdot F_m \cdot t_3,$$

имеет место равенство:

$$\frac{F_6}{2F_d} = F_m t_3,$$

которое после перемножения и деления правой его части на 2π приходит к искомой зависимости:

$$\frac{F_6}{2F_d} = F_m t_3 \cdot \frac{2\pi}{2\pi} = \frac{2\pi F_m t_3}{2\pi} = \frac{\Delta\varphi}{\varphi},$$

где $\frac{\Delta\varphi}{\varphi}$ - относительный угол

закручивания вала, $2\pi F_m t_3 = \Delta\varphi$ - угол закручивания вала, который составляет указанное выражение в соответствии с известной методикой определения разности фаз между двумя колебаниями одинаковой частоты (см. книгу Кушнир Ф.В. и Савенко В.Г. Электрорадиоизмерения. Л., "Энергия", 1975, с.307).

На фиг. 1 изображена структурная схема устройства для реализации предлагаемого способа; на фиг.2 - временные диаграммы электрических сигналов.

Устройство для реализации предлагаемого способа содержит датчики 1 и 2 частоты вращения вала, установленные на границах измерительного участка вала и выходами соединенные через триггеры Шмитта 3 и 4 и делители частоты 5 и 6 с входами интеграторов 7 и 8, снабженных, в свою очередь, на выходе усилителями напряжения 9 и 10, соединенными с модуляционными входами генераторов качающейся частоты 11 и 12. Последние своими выходами соединены с входами смесителя 13, на выходе снабженного фильтром низкой частоты 14, соединенного, в свою очередь, с входом вычислителя 15, снабженного на выходе цифровым индикатором 16.

Предлагаемый способ реализуют следующим образом.

С помощью разнесенных вдоль вала фотоэлектрических (или индуктивных) датчиков 1 и 2 частоты вращения вала (см. фиг.1) синхронно снимают с вращающегося вала два сдвинутых по фазе друг относительно друга сигнала с частотой, пропорциональной частоте вращения вала.

Прошедшие через триггеры Шмитта 3 и 4 и делители частоты 5 и 6 подготовленные сигналы подают на интеграторы 7 и 8, с которых снимают сигналы в пилообразном виде, с треугольной формой, и пропускают их через усилители напряжения 9 и 10 на генераторы качающейся частоты 11 и 12 для обеспечения периодической частотной модуляции и сохранившие фазовый сдвиг, сформированные частотно-модулированные сигналы, а именно, опорный сигнал (с датчика 1) с частотой $f_0(t)$ и сдвинутый сигнал (с датчика 2) с частотой $f_c(t)$ (см. фиг. 2а),

подают на смеситель 13.

В результате смешения (сложения) двух частотно-модулированных сигналов на входе смесителя образуются биения. Мгновенная частота биений равна абсолютному значению разности мгновенных значений частот сдвинутых друг относительно друга частотно-модулированных сигналов $|F_6(t)| = |f_0(t) - f_c(t)|$, где $f_0(t)$ - мгновенное значение частоты опорного сигнала; $f_c(t)$ - мгновенное значение частоты сдвинутого сигнала (см. фиг.2,б,в). После детектирования в смесителе фильтром низкой частоты 14 выделяют преобразованный сигнал, имеющий частоту биений F_6 .

С помощью вычислителя 15 по указанной в настоящем описании формуле вычисляют величину крутящего момента, передаваемого вращающимся валом, $M_{кр}$, которую регистрируют с помощью цифрового индикатора 16.

Формула изобретения:

Способ определения крутящего момента путем регистрации с помощью разнесенных на длину измерительного участка вала датчиков двух периодических параметров, связанных с силовым режимом вращения вала, формирования на их основе сигналов, несущих информацию о закручивании вала, и оценки величины крутящего момента в результате вычислительной обработки последних, отличающийся тем, что в качестве обоих периодических параметров используют частоту вращения вала, на основе которой формируют два частотно-модулированных сигнала, полученных подачей сигналов датчиков, предварительно преобразованных в два модулирующих сигнала пилообразного вида, например, треугольной формы, на входы двух генераторов качающейся частоты, смешивают сформированные частотно-модулированные сигналы до выделения их разностной частоты биений, по которой судят о величине крутящего момента, определяемой по формуле

$$M_{кр} = K_{\Delta\varphi} K_B \cdot F_6,$$

где F_6 - частота биений, Гц;

$K_{\Delta\varphi}$ - частотный коэффициент закручивания вала,

$$K_{\Delta\varphi} = \frac{6,48 \cdot 10^5}{F_d},$$

где F_d - девиация частоты, Гц;

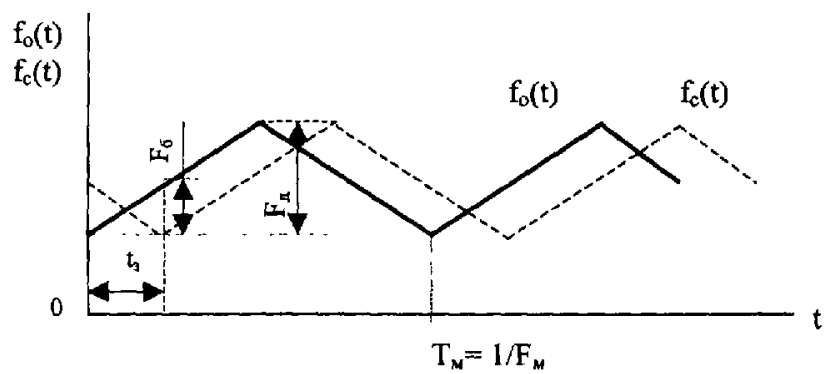
K_B - опорный коэффициент данного типа вала,

$$K_B = 4,84 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{G \cdot J_p}{L},$$

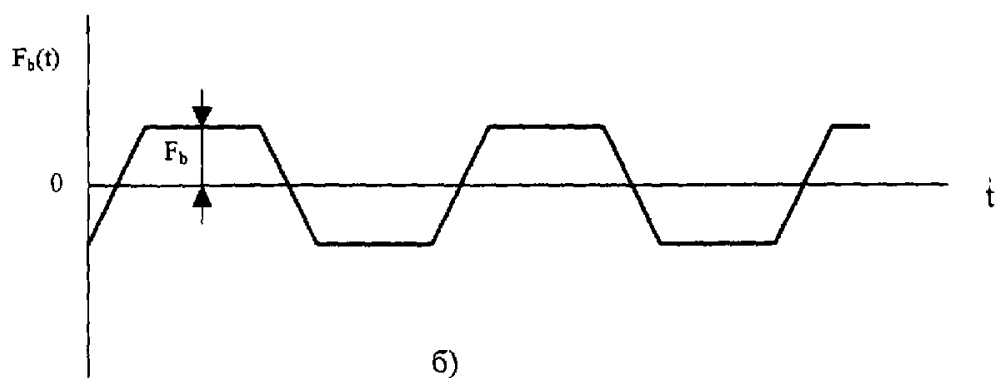
где G - модуль сдвига материала вала, н/м²;

J_p - полярный момент инерции сечения вала, м⁴;

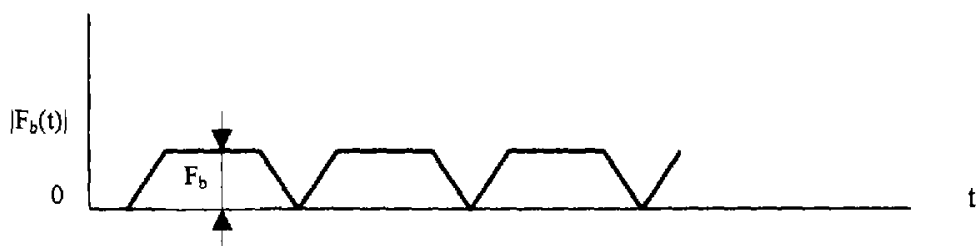
L - длина измерительного участка вала, м.



a)



б)



в)

Фиг. 2